

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor č. 8: Ochrana a tvorba životního prostředí**

## **Hodnocení stavu Jedovnického potoka**

**Eliška Vondrušková**  
**Jihomoravský kraj**

**Brno 2023**

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 8: Ochrana a tvorba životního prostředí

## Hodnocení stavu Jedovnického potoka

## Assessment of the condition of the Jedovnický brook

**Autoři:** Eliška Vondrušková

**Škola:** Gymnázium Brno, Křenová, příspěvková organizace, Křenová  
304/36, 602 00 Brno

**Kraj:** Jihomoravský kraj

**Konzultant:** Ing. Kristína Pániková

Brno 2023

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Brně dne 27. 1. 2023 .....

Eliška Vondrušková

## **Poděkování**

Děkuji své vedoucí Ing. Kristíně Pánikové za vedení této práce, za její čas i trpělivost a cenné rady. Dále děkuji i doc. Ing. Jitce Malé, PhD., která mi umožnila se podílet na tomto výzkumu.

## **Anotace**

Práce je zaměřena na sledování kvality vody Jedovnického potoka, který protéká územím Moravského krasu. Porovnávají jsou fyzikální a chemické vlastnosti vody s výsledky měření v roce 2019 a dále s přípustnými hodnotami dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod.

## **Klíčová slova**

Moravský kras, Jedovnický potok, hydrochemický stav, znečištění

## **Annotation**

The work is focused on the water quality of the Jedovnický brook, which flows through the territory of the Moravian karst. Measured physical and chemical properties of water are compared with results of measurements from 2019 and further with permissible values according to Government Regulation No. 401/2015 Coll. on indicators and values of permissible surface water and wastewater pollution.

## **Keywords**

Moravian karst, Jedovnický brook, hydrochemical status, pollution

# OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2 CHKO MORAVSKÝ KRAS.....</b>	<b>8</b>
<b>3 JEDOVNICKÝ POTOK .....</b>	<b>9</b>
<b>4 UKAZATELE KVALITY VODY .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Dusík ve vodách .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1.1 Formy dusíku .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Fosfor ve vodách .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3 Biologická a chemická spotřeba kyslíku .....</b>	<b>11</b>
<b>5 MATERIÁL A METODY.....</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Odběr vzorků .....</b>	<b>11</b>
<b>5.2 Použité metody měření .....</b>	<b>16</b>
5.2.1 CHSK <sub>Cr</sub> .....	17
5.2.2 BSK <sub>5</sub> .....	17
5.2.3 N-NO <sub>x</sub> .....	18
5.2.4 N-NO <sub>2</sub> .....	18
5.2.5 N-NO <sub>3</sub> .....	19
5.2.6 TKN .....	19
5.2.7 N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	19
5.2.8 P <sub>c</sub> .....	20
<b>6 VÝSLEDKY .....</b>	<b>21</b>
<b>7 DISKUZE.....</b>	<b>25</b>
<b>8 ZÁVĚR.....</b>	<b>26</b>
<b>9 POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>27</b>
<b>10 SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>28</b>
<b>11 SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>28</b>
<b>12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>29</b>

# 1 ÚVOD

Nejdůležitějším úkolem chráněné krajinné oblasti je zachování biologické rozmanitosti a ekologické stability. V současné době jsou však tyto oblasti ohrožovány řadou faktorů, které je mohou nenávratně poškodit. Do krasové oblasti Moravský kras vtékají povrchové toky, které přinášejí znečištění a ohrožují tak charakter jeskynního prostředí a život organismů, které se zde vyvinuly. Jedním z takových toků je právě Jedovnický potok, u kterého došlo v posledních dvaceti letech k největšímu zhoršení znečištění. Mezi zdroje znečištění patří hlavně osídlení, splaškové vody a splachy hnojiv ze zemědělských ploch. [1]

Hydrologické poměry v CHKO Moravský kras jsou velmi složité kvůli podzemním tokům v jeskyních, které jsou obtížně monitorovatelné. V jeskyních dochází k samočisticímu procesu, který spočívá v naředění podzemních vod, avšak tento proces není neomezený a dosud není stále dostatečně prozkoumán. [1]

Hospodaření s vodou a čistota vodních zdrojů je jedním z hlavních a stěžejních úkolů ochrany životního prostředí. Je třeba se věnovat zachování přírodního bohatství Moravského krasu, který je jedinečný svého druhu v České republice. Proto je cílem práce zjištění stavu kvality vody v Jedovnickém potoce a porovnání naměřených hodnot s platnými normami a hodnotami před třemi lety na stejném úseku.

## 2 CHKO MORAVSKÝ KRAS

Nejrozsáhlejším, nejvýznamnějším a nejznámějším krasovým územím v České republice je oblast ležící severně od Brna, Moravský kras (viz obrázek 1). Chráněnou krajinnou oblastí byl vyhlášen jako první na Moravě v roce 1956 o tehdejší rozloze 92 km<sup>2</sup>. V roce 2019 došlo k novému vyhlášení, jehož výsledkem bylo zvětšení rozlohy na 96,8 km<sup>2</sup> a upravení zonace. [2] Část území CHKO pod názvem Podzemní Punkva byla v roce 2004 zařazena na seznam mokřadů mezinárodního významu Ramsarské úmluvy. [3] Téměř celou plochou spadá do soustavy významných evropských lokalit Natura 2000. [2] Nejcennější území jsou chráněna ve dvanácti přírodních rezervacích, čtyřech národních přírodních rezervacích, dvou národních přírodních památkách a jedné přírodní památce. [2]



Obrázek 1 mapy CHKO Moravský kras, zdroj: mapy.cz

Základní horninou krasu je vápenec. Jeho unikátní vlastnost, rozpustnost ve vodě, vytvořila spletité chodby jeskyň, závrtů, skalní věže a další krasové útvary. Došlo také ke spojení podzemních prostor s povrchem, což vyústilo k systému ponorů a vývěrů. [2] Na území je zmapováno více než 1100 jeskyň, z nichž 5 je zpřístupněno pro veřejnost. Jeskyně nám dochovaly důkazy o osídlení člověkem neandrtálským a rytiny zvířat kultury Magdalénieny z konce paleolitu. Císařská jeskyně je využívána pro speleoterapii a největší jeskynní systém Amatérská jeskyně je zpřístupněna pouze odborníkům. [4]

Na tomto území se také nachází endemické druhy, převážně bezobratlí (máloštětinatců *Bythonomus absoloni*), přes 2000 druhů motýlů a přes 20 druhů netopýrů a vrápenců. [4] To je způsobeno členitým reliéfem a klimatickými podmínkami, které se na malých vzdálenostech výrazně mění. [2]

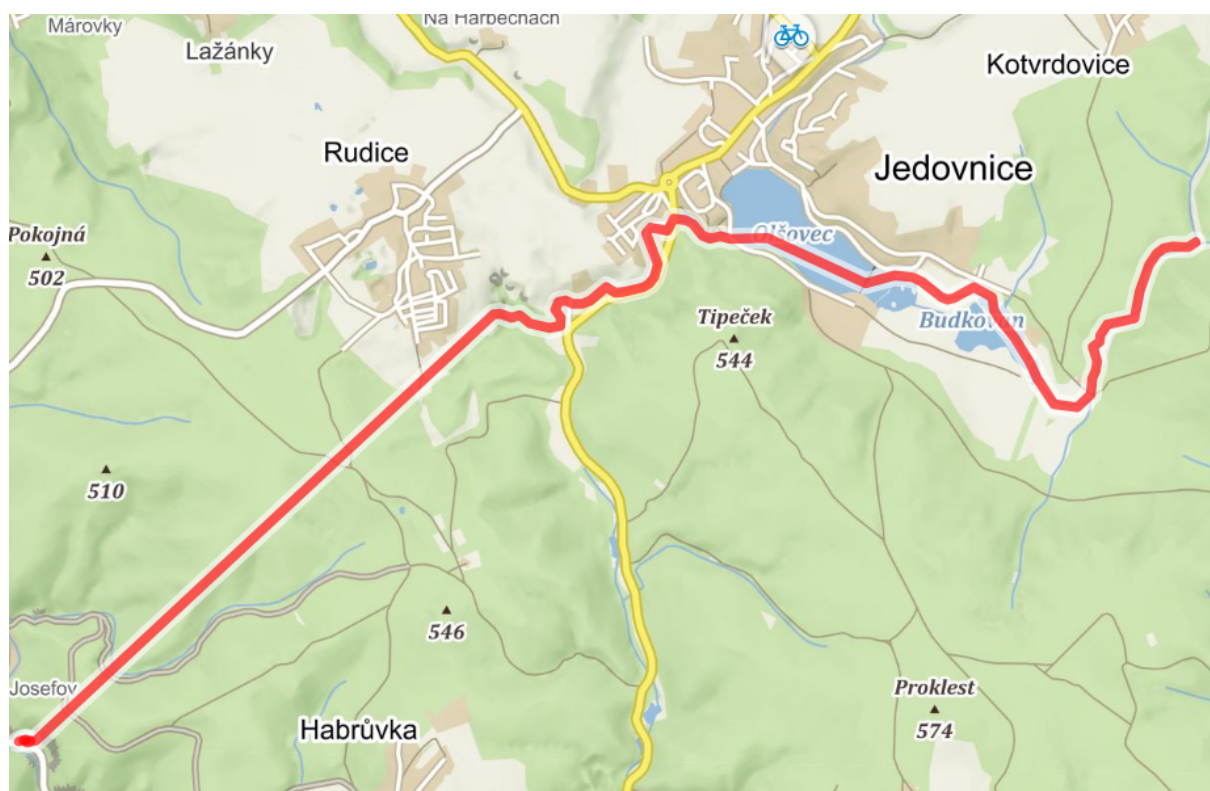


### 3 JEDOVNICKÝ POTOK

Jedovnický potok je součástí povodí Křtinského potoka, které odvodňuje střední část Moravského krasu. [1] Plocha povodí činí 32 km<sup>2</sup> a samotný potok je dlouhý 18 kilometrů [5]. Pramen vyvěrá u obce Krásensko jako Podomský potok, který protéká obcí Podomí a následně Podomským rybníkem. Dále jeho tok pokračuje na západ až do rybníků Dubového, Vrbového a Budkovanského u Jedovnic. Odsud už teče Podomský potok pod názvem Jedovnický potok do největšího rybníka v obci, Olšovce, a poté do rybníka Dymák. Následně teče podél čistíčky odpadních vod v Jedovnicích až k Rudickému propadání, kde se na některých místech propadá téměř 90 m hluboko a vytváří tak 13 km dlouhý jeskynní koridor. [2] Potok vyvěrá u Býčí skály, kde se následně vlévá do Křtinského potoka.

Hydrologické údaje Jedovnického potoka [5, 6]:

- hydrologické pořadí toku: 4-15-02-0990
- ID vodního toku: 415270001000
- plocha povodí: 32 km<sup>2</sup>



Obrázek 2 mapy s povodím Jedovnického potoka, zdroj: mapy.cz

## 4 UKAZATELE KVALITY VODY

Kvalitu vody významně ovlivňuje množství různých látek, zejména organické látky, formy dusíku (N-NO<sub>x</sub>, N-NH<sub>4</sub>) a fosfor. Právě dusík a fosfor hrají důležitou roli v procesu tzv. eutrofizace. [6] Pro hodnocení kvality vody se používají různé ukazatele, nejdůležitější jsou chemická a biologická spotřeba kyslíku (CHSK a BSK).

### 4.1 Dusík ve vodách

Dusík patří mezi makrobiogenní prvky a je nutný pro rozvoj mikroorganismů. Podílí se na všech biologických procesech v podzemních, povrchových a odpadních vodách. Pokud však dojde k porušení rovnováhy koncentrace dusíku ve vodě, může to mít za následek změnu barvy vody, vytvoření filmu na hladině, který zabrání přístupu kyslíku do vody. Následkem může být také vznik karcinogenních účinků vody. [7]

Dusíkaté sloučeniny se do vod dostávají různými způsoby. Může to být rozkladem organických dusíkatých látek živočišného nebo rostlinného původu. Například močovina nebo jiné dusíkaté látky, které vznikají rozkládaním biomasy pomocí různých mikroorganismů. [6] Dalším zdrojem jsou splaškové odpadní vody bohaté na amoniakální dusík a také atmosférické srážky, které obsahují oxidy dusíku přírodního nebo antropogenního původu. Významný podíl má také nadměrné používání hnojiv v zemědělství. [8]

#### 4.1.1 Formy dusíku

V povrchových vodách se nachází různé formy dusíku, a to: amoniakální dusík, dusitany a dusičnany.

Zdrojem amoniakálního dusíku (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NH<sub>3</sub>), jsou splaškové odpadní vody a dusíkatá hnojiva, která se splachem ze zemědělsky obdělávaných půd dostávají do povrchových i podpovrchových vod. S rostoucí teplotou se podporuje disociace amoniakálního dusíku, a tím i toxikace vod. V dobře prokysličených vodách je tato sloučenina nestálá a dochází k nitrifikaci. Ve vodách by koncentrace neměla přesáhnout 1 mg/l. [7, 8]

Dusitany (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) jsou nejvíce obsaženy v odpadních vodách z výroby barviv, strojů a v nemrznoucích směsích. V přírodních vodách vznikají nitrifikací, ale nachází se zde pouze stopově. Ve zvýšeném množství mohou způsobovat methemoglobinemii a mají karcinogenní účinky. Mezní hodnota dusitanů v povrchových vodách je 0,05 mg/l. [7, 8]

Dusičnany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) vznikají nitrifikací amoniakálního dusíku a do vod se dostávají ze zemědělských půd, které jsou nadměrně hnojeny dusíkatými hnojivy. S rostoucím počtem obyvatel a zemědělské činnosti stoupá i koncentrace dusičnanů. Nadměrná koncentrace dusičnanů v podzemních vodách je typická pro oblasti s borovými lesy, které mají půdu dobře provzdušněnou. Koncentrace závisí na daném vegetačním období, kdy v zimním je nejvyšší a v letním nejnižší. Hodnota by neměla překročit 11 mg/l. [7, 8]

## 4.2 Fosfor ve vodách

Sloučeniny fosforu jsou důležité pro přírodní koloběh látek. Díky fotosyntéze se sloučeniny fosforu dostanou do biomasy, z které se uvolňují do vod a sedimentují na dno. Vznikají tak eutrofní nádrže, které jsou hojné na výskyt planktonu, sinic a pobřežní vegetaci. [9] V případě nadměrného obsahu ve vodách stimuluje růst sinic a řas, což může vést k hydrochemickým změnám a snížení hodnoty rozpuštěného kyslíku. V důsledku toho dojde k hromadění nebezpečných plynů a zhoršení vodního prostředí. Jedním z přírodních zdrojů je minerál apatit, který se ve vodách rozpouští, a tím dochází k uvolňování fosforu. Antropogenním zdrojem jsou především používání fosforečných hnojiv, pracích prostředků, různých odmašťovačů a komunální odpadní vody. Fosfor se může ukládat na dně ve stojatých vodách, kde dochází k stratifikaci. [8]

## 4.3 Biologická a chemická spotřeba kyslíku

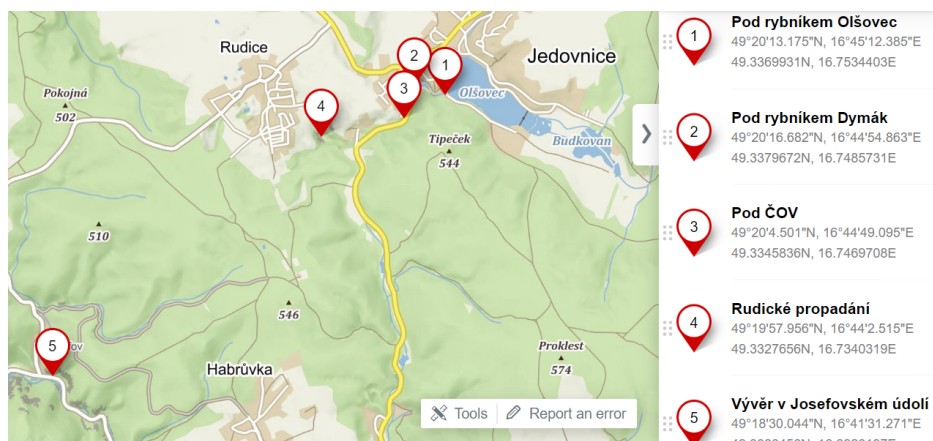
BSK představuje míru koncentrace biologicky rozložitelných látek, které jsou obsaženy ve vodě. Patří mezi nejvýznamnější ukazatele čistoty vod, protože právě organické látky jsou jedním z hlavních polutantů. [10]

CHSK se definuje jako množství kyslíku, které se za určitých podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek v 1 l vody. Řadí se mezi nespecifické ukazatele vody, protože vypovídací hodnota je pouze orientační. [10]

# 5 MATERIÁL A METODY

## 5.1 Odběr vzorků

V CHKO Moravský kras bylo vytipováno pět odběrných míst. Odběry byly provedeny dvakrát s odstupem jednoho měsíce. Poprvé 6. 10. 2022 a podruhé 4. 11. 2022. Vzorky byly odebrány po 1,5 l a následně vyhodnocovány.



Obrázek 3 mapy s vyznačenými odběrnými místy, zdroj: Mapy.cz

1. odběrné místo se nachází pod rybníkem Olšovec v Jedovnicích. Při prvním odběru se teplota okolí pohybovala okolo 20 °C a bylo slunečno. U druhého odběru teplota klesla na 10 °C, počasí bylo mlhavé a deštivé a kvůli podzimmnímu vypouštění rybníka Olšovec došlo ke snížení průtoku. GPS souřadnice: 49.3369658N, 16.7534531E

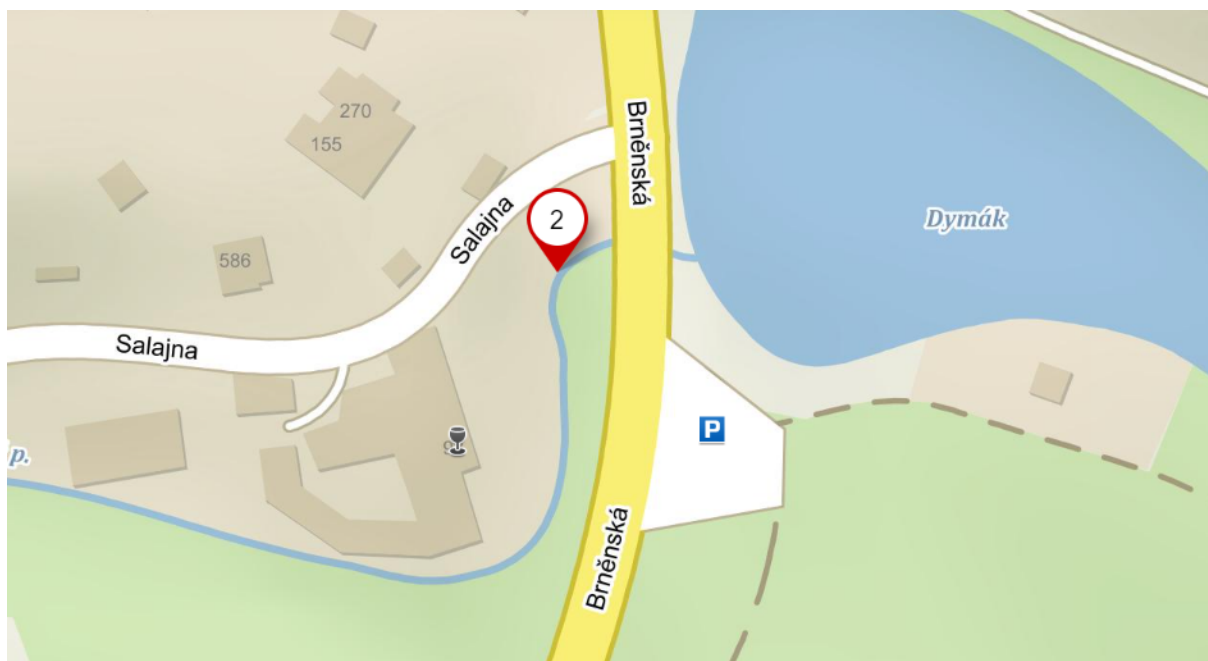


Obrázek 4 mapy s vyznačeným odběrným místem č.1, zdroj: Mapy.cz



Obrázek 5 Odběrného místa č. 1, zdroj: autor

2. vzorek byl odebrán pod rybníkem Dymák. Při prvním odběru se teplota okolí pohybovala okolo 20 °C a u druhého 10 °C. Při druhém odběru došlo ke snížení průtoku vody kvůli vypouštění rybníka Olšovec. GPS souřadnice: 49.3379681N, 16.7485464E



Obrázek 6 mapy s vyznačeným odběrným místem č.2, zdroj: Mapy.cz

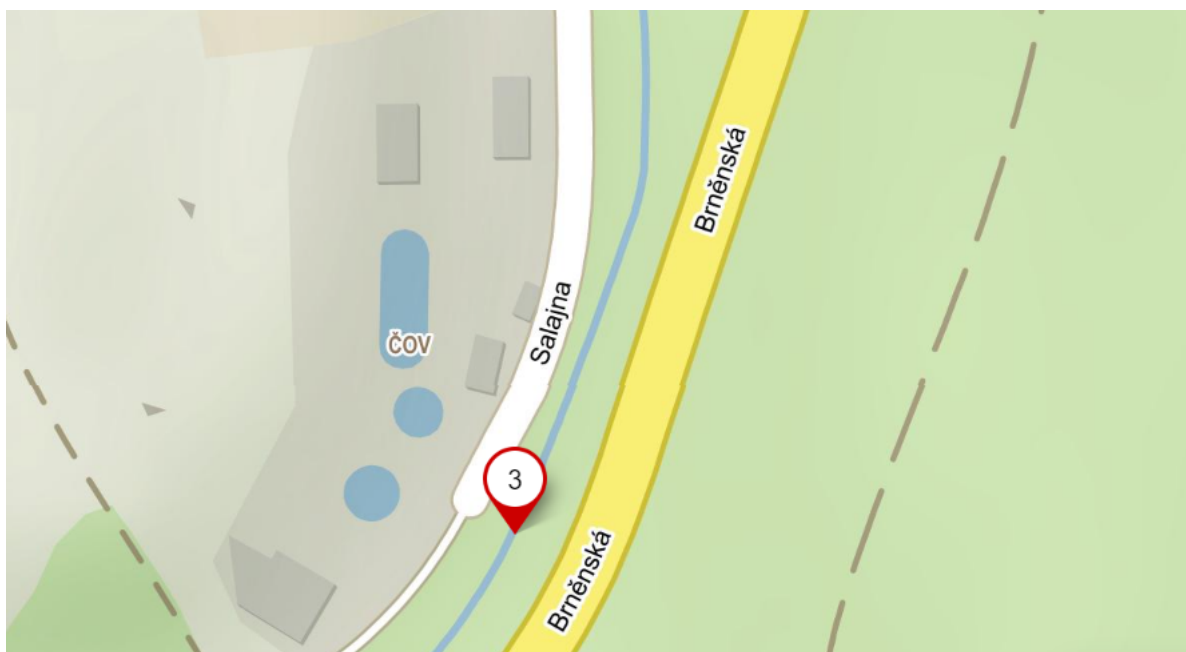


Obrázek 7 odběrného místa č. 2 při prvním měření



Obrázek 8 odběrného místa č. 2 při druhém měření

3. odběrné místo bylo zvoleno pod ČOV na západním konci Jedovnic. Počasí při prvním odběru bylo slunečné, ale při druhém měření deštivé. Souřadnice GPS: 49.3347031N, 16.7471086E

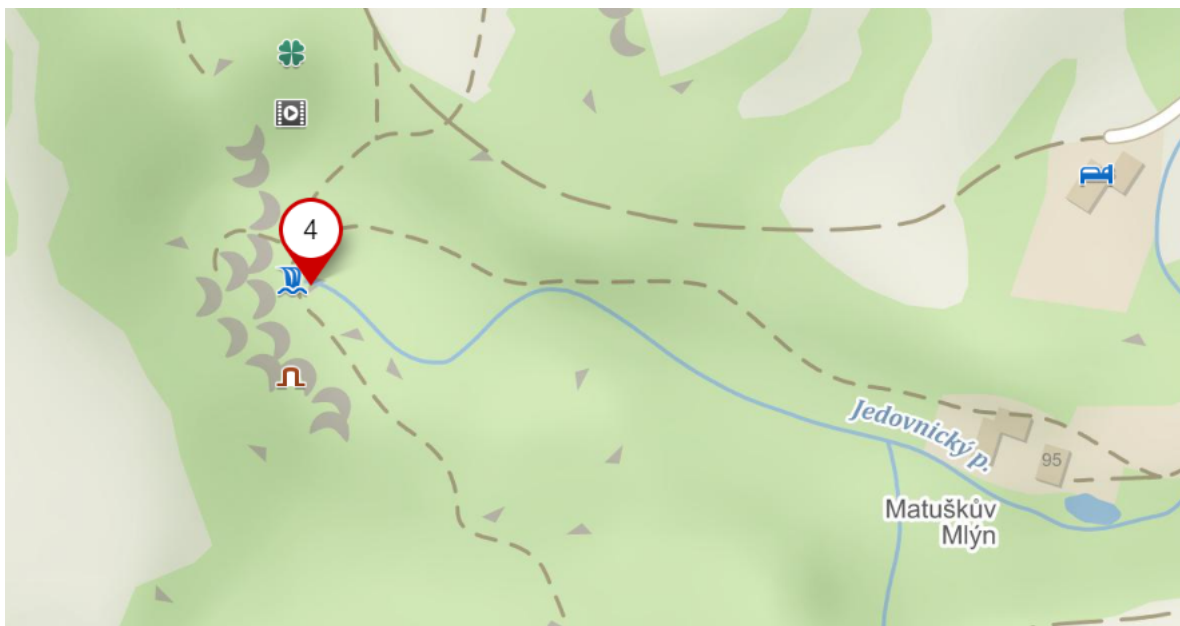


Obrázek 9 mapy s vyznačeným odběrným místem č.3, zdroj: Mapy.cz



Obrázek 10 prostředí odběrného místa č. 3, zdroj: autor

4. místo se nachází v Rudickém propadání, kde Jedovnický potok vtéká do jeskyně. Proto zde bylo mírně chladněji a humidněji než na loukách, které jsou v blízkém okolí.  
GPS souřadnice: 49.3327419N, 16.7339981E

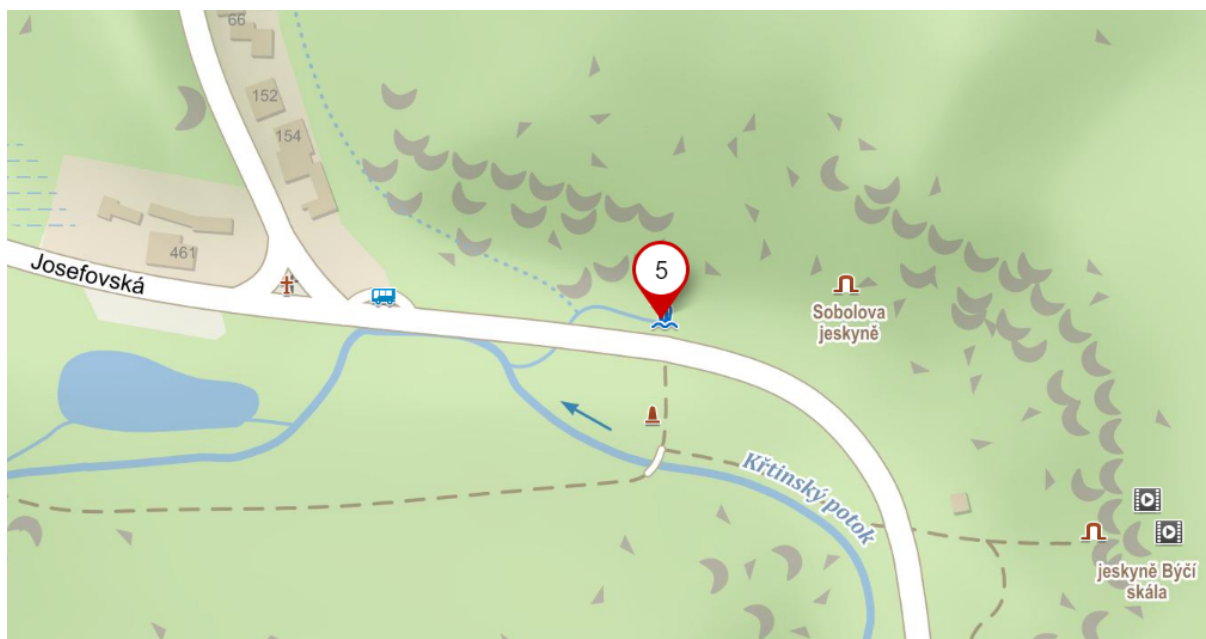


Obrázek 11 mapy s vyznačeným odběrným místem č. 4, zdroj: Mapy.cz



Obrázek 12 Jedovnického potoka v Rudickém propadání, zdroj: autor

5. odběrné místo se nachází u vesnice Habrůvky, kde potok vyvěrá v Josefovském údolí. První odběr byl uskutečněn za ideálního počasí, ale při druhém už silně přšelo. GPS souřadnice: 49.308411 N, 16.692162 E



Obrázek 13 mapy s vyznačeným odběrným místem č. 5, zdroj: Mapy.cz



Obrázek 14 vývěru v Josefovském údolí, zdroj: autor

## 5.2 Použité metody měření

Na uvedených odběrných místech byly odebrány vzorky po 1,5 l do plastových lahví, které byly následně uloženy do lednice kvůli udržení stálé teploty.



Při odběru byly in-situ měřeny tyto parametry: pH, konduktivita, nasycení vody kyslíkem, rozpuštěný kyslík a teplota. Všechno bylo provedeno multiparametrickou sondou Hach Lange HQ 30d flexi.

Poté byly vzorky vyhodnocovány v laboratoři na Ústavu chemie Stavební fakulty VUT v Brně. Zjišťovány byly tyto parametry: celkový fosfor ( $P_c$ ), dusitanový dusík ( $N-NO_2^-$ ), amoniakální dusík ( $N-NH_4^+$ ), Kjeldahův dusík (TKN), dusičnanový dusík ( $N-NO_3^-$ ), oxidované formy dusíku ( $N-NO_x$ ),  $CHSK_{Cr}$  a  $BSK_5$ .

### 5.2.1 $CHSK_{Cr}$

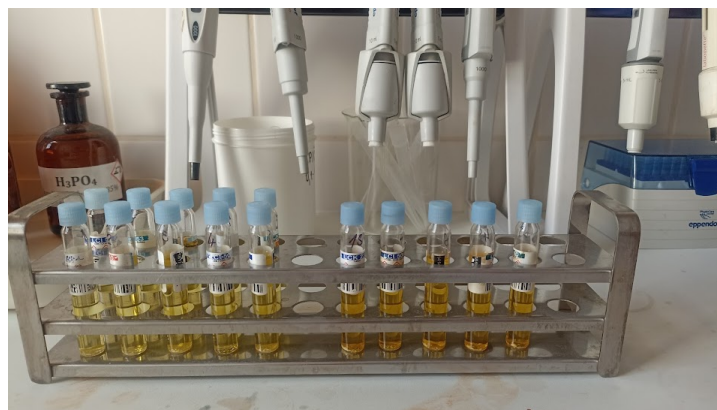
Měření  $CHSK_{Cr}$  probíhalo následovně. Do zkumavek (Hach Lange se šroubovacím uzávěrem) se odměřilo 50 mg  $HgSO_4$ , 2,00 ml vzorku, 1,00 ml roztoku dichromanu draselného a 3,00 ml roztoku  $AgSO_4$  v koncentrované  $H_2SO_4$ . Mineralizace proběhla v přístroji LT 200 při teplotě 148 °C po dobu jedné hodiny. Vzorky se nechaly zchladnout a následně proběhlo měření absorbance, která se měřila přímo ve zkumavkách na spektrofotometru HACH DR3900 při vlnové délce 445 nm. Z hodnoty absorbance se vypočítala  $CHSK_{Cr}$  podle následujícího vzorce (1):

$$CHSK_{Cr} = \frac{200 \times (2,843 - A)}{2,931}, \quad (1)$$

kde

$CHSK_{Cr}$ .....chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným [mg/l],

A.....naměřená absorbance [mg/l].



Obrázek 15 měření  $CHSK_{Cr}$  při prvním měření, zdroj: autor

### 5.2.2 $BSK_5$

$BSK_5$  byla měřena standardní zředovací metodou. Do destilované vody se přidaly čtyři roztoky: síran hořečnatý, chlorid vápenatý, fosforečnanový pufr pH 7,2 a chlorid železitý a zamíchaly se tyčinkou (dále zředovací voda). Předem daný objem vzorku se nalil do válce

a doplnil se zřed'ovací vodou po hodnotu 400 ml. Následně byly přidány 2 ml roztoku 0,01 % N-allylthiomocoviny (pro eliminaci rušivých vlivů), roztok se zamíchal a nalil do kyslíkovky. Změřila se koncentrace kyslíkovou sondou ( $C_0$ ). Po měření se kyslíkovka uzavřela tak, aby nevznikla vzduchová bublina a vložila se do termostatu na  $5 \times 24$  h ve tmě při teplotě 20 °C. Po uvedené době se znovu změřila koncentrace rozpuštěného kyslíku ( $C_5$ ). Paralelně byly připraveny a změřeny „slepé“ vzorky ( $C_{sl}$ ), tj. zřed'ovací voda nalitá do kyslíkovky. N-allylthiomocovina se přidávala i do „slepého“ vzorku.

Pro výpočet  $BSK_5$  byl použit následující vzorec (2):

$$BSK_5 = \frac{1000 \cdot \Delta c - (1000 - x) \cdot \Delta c_{sl}}{x}, \quad (2)$$

kde

$$\Delta c = c_0 - c_5 \text{ v mg/l} \quad (3)$$

$$\Delta c_{sl} = c_{sl0} - c_{sl5} \text{ v mg/l} \quad (4)$$

### 5.2.3 N-NO<sub>x</sub>

Hodnoty N-NO<sub>x</sub> byly měřeny sondou DR Lange s optickým čidlem. Vzorek se nalil do měřicí sondy a hodnoty koncentrace byly odečteny z displeje.

### 5.2.4 N-NO<sub>2</sub>

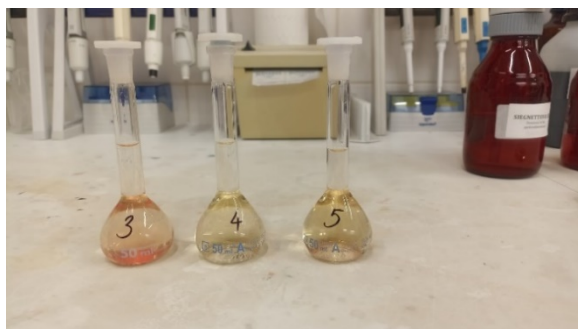
Stanovení hodnoty N-NO<sub>2</sub> probíhalo spektrofotometricky s  $\alpha$ -naftolem. Do 25ml odměrné baňky s 20ml objemem čirého vzorku se přidaly 2,00 ml kyseliny sulfanylové a po minutě 2,00 ml  $\alpha$ -naftolu. Baňka byla doplněna destilovanou vodou a následně změřena intenzita zbarvení v jednocentimetrové kyvetě při vlnové délce 515 nm.



Obrázek 16 dusitanového dusíku při prvním měření,  
zdroj: autor



Obrázek 17 dusitanového dusíku při druhém měření,  
zdroj: autor



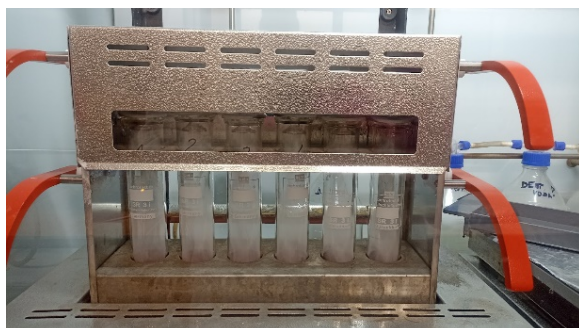
Obrázek 18 dusitanového dusíku při druhém měření, zdroj: autor

### 5.2.5 N-NO<sub>3</sub>

N-NO<sub>3</sub> byl vypočítán jako rozdíl N-NO<sub>x</sub> a N-NO<sub>2</sub>.

### 5.2.6 TKN

Hodnota TKN byla stanovena pomocí mineralizačního přístroje BEHR a následnou destilací. Do přístroje byly vloženy 250ml zkumavky, ve kterých bylo 50 ml vzorku, 10 ml koncentrované kyseliny sírové a tableta KJELTABS ST. Připravené zkumavky se vložily do mineralizačního přístroje a nasadilo se odsávání par. Po ukončení a ochlazení byly vzorky převedeny do 200ml odměrných baněk zhruba do 1/3 a zneutralizovány 30 ml 30% NaOH. Po ochlazení neutralizovaného vzorku na laboratorní teplotu se odměrné baňky doplnily čerstvě destilovanou vodou po rysku. Dále proběhla destilace (viz amoniakální dusík).



Obrázek 19 měření TKN, zdroj: autor

### 5.2.7 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Aby se mohl změřit N-NH<sub>4</sub>, musely se nejdříve odstranit rušivé vlivy pomocí destilace. Po sestavení aparatury se k 40 ml vzorku přidaly skleněné kuličky a lžíce tetraboritanu disodného. Do jímací baňky, která obsahovala 1 ml roztoku HCl a 10 ml destilované vody, se umístil konec chladiče, který musel být dostatečně ponořen. Po destilaci se jímací baňka odstavila a kvantitativně převedla do odměrné baňky, do které se přidal 1,00 ml Siegnettovy soli a po promíchání ještě 1,00 ml Nesslerova činidla. Po deseti minutách se zbarvení změřilo v pěticentimetrové kyvetě při vlnové délce 425 nm na spektrofotometru.



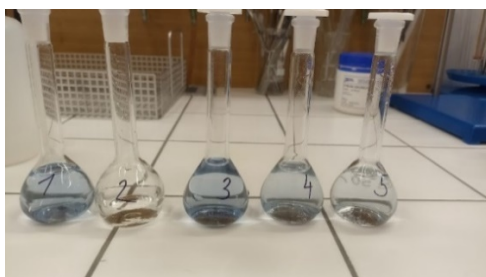
Obrázek 20 aparatury při destilaci, zdroj: autor

### 5.2.8 $P_c$

$P_c$  se stanovil pomocí mineralizace Oxysolvem a následně molybdenovou modří. Vzorek o objemu 5,0 ml se nalil do mineralizační zkumavky a bylo k němu přidáno 130 mg Oxisolva. Zkumavky se mineralizovaly v mineralizačním bloku při teplotě 148 °C po dobu 30 minut. Po ochlazení se obsah převedl do 50ml baňky a dále se k němu přidal 1,00 ml kyseliny askorbové, 4,00 ml směsného činidla a baňka se doplnila po rysku destilovanou vodou. Po 10 minutách se změřila v 1cm kyvetě při vlnové délce 690 nm absorbance.



Obrázek 21 dusitanového dusíku a celkového fosforu při prvním měření, zdroj: autor



Obrázek 22 celkového fosforu při druhém měření, zdroj: autor

## 6 VÝSLEDKY

Hodnoty změřené v měsících říjnu a listopadu jsou zaznamenány v tabulkách (viz tabulka 2, 4). Chybějící hodnoty v BSK<sub>5</sub> v prvním měření jsou z důvodu chybného rozboru v laboratoři.

Vyhodnocení kvality vody v Jedovnickém potoce bylo provedeno s ohledem na Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (dále NV 401/2015 Sb.) Hodnoty NV 401/2015 Sb. jsou uvedeny v tabulce 2. [11]

Tabulka 1 Hodnot přípustného znečištění povrchových vod [11]

Ukazatel	Značka	Jednotka	Přípustné znečištění	
			Roční průměr	Maximum
Teplota vody	t	°C		29
Reakce vody	pH	-	5-9	
Nasycení vody kyslíkem	O <sub>2</sub>	mg/l	>9	
Biochemická spotřeba kyslíku	BSK <sub>5</sub>	mg/l	3,8	
Chemická spotřeba kyslíku	CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	26	
Celkový fosfor	P <sub>celk</sub>	mg/l	0,15	
Celkový dusík	N <sub>celk</sub>	mg/l	6	
Dusičnanový dusík	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	5,4	
Dusitanový dusík	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l		
Amoniakální dusík	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,23	

Tabulka 2 Naměřených hodnot z 6. 10. 2022, zdroj: autor

vzorek	pH	K	O <sub>2</sub>	P <sub>c</sub>	N-NO <sub>x</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	TKN	CHSK	BSK <sub>5</sub>	t	nasycení
		μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	%
1.	7,68	354	3,93	9,536	1,50	0,076	1,42	0,340	3,28	28	7,6	12,7	38,5
2.	8,07	386	10,92	4,864	1,36	0,077	1,28	0,213	34,34	41	-	11,4	103,6
3.	7,64	694	8,79	8,576	1,64	0,061	1,58	0,045	3,23	26	3,7	12,5	85,4
4.	7,97	433	10,16	4,800	1,04	0,058	0,98	0,013	23,23	35	5,3	12,2	98,0
5.	7,34	555	9,69	11,776	3,02	0,051	2,97	0	5,15	19	4,2	13,8	95,5

Tabulka 3 Naměřených hodnot z 4. 11. 2022, zdroj: autor

vzorek	pH	K	O <sub>2</sub>	P <sub>c</sub>	N-NO <sub>x</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	TKN	CHSK	BSK <sub>5</sub>	t	nasycení
		μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	%
1.	7,60	480	1,23	1,648	1,08	0,047	1,03	4,728	5,824	58	10,5	9,8	11,5
2.	7,45	366	5,31	0	0,58	0,061	0,52	1,162	3,300	45	5,0	10,1	49,9
3.	7,56	802	8,00	1,080	2,76	0,050	2,71	0,080	1,104	21	8,6	12,6	80,8
4.	8,07	713	10,13	0,816	2,42	0,044	2,38	0,041	0,916	26	5,4	9,6	93,9
5.	7,64	558	10,03	0,584	3,48	0,041	3,44	0,085	1,336	13	2,1	10,2	93,0

Hodnota pH se při prvním měření 6. 10. 2022 pohybovala od 7,34 u vývěru v Josefovském údolí až do 8,07 pod rybníkem Dymák. Při druhém měření 4. 11. 2022 byla nejnižší hodnota naměřena pod rybníkem Dymák 7,45 a nejvyšší v Rudickém propadání 8,07. Největší rozdíl pH bylo pod rybníkem Dymák, kde se hodnoty 7,45 a 8,07 lišily o 0,62. U ostatních míst se hodnoty nijak významně nezměnily. Naměřené pH vyhovuje doporučené hodnotě 5-9.

V říjnovém měření byla konduktivita naměřena v rozmezí od 354  $\mu\text{S/cm}$  do 694  $\mu\text{S/cm}$ . V listopadovém měření se pohybovala od 366  $\mu\text{S/cm}$  do 802  $\mu\text{S/cm}$ . Největší rozdíl byl naměřen v místě Rudického propadání. Hodnoty 433  $\mu\text{S/cm}$  a 713  $\mu\text{S/cm}$  se lišily o 280  $\mu\text{S/cm}$ . Ostatní hodnoty byly v porovnání s prvním měření vyšší kromě druhého místa pod rybníkem Dymák.

Nejnižší obsah rozpuštěného kyslíku byl změřen na 1. odběrném místě při prvním i druhém měření. Hodnoty dosáhly 3,93 mg/l, resp. 1,23 mg/l. Dle NV 401/2015 Sb. by se hodnota rozpuštěného kyslíku měla pohybovat nad 9 mg/l. Této hodnotě nevyhověly oba vzorky z 1. odběrného místa, oba vzorky z 3. odběrného místa a také druhé měření z 2. odběrného místa. Ostatní vzorky byly vyhovující (viz. Tabulka 1 a 2).

Nasycení kyslíkem v % bylo v listopadovém měření nižší než v říjnovém. Nejnižší hodnoty nasycení byly u prvního místa pod rybníkem Olšovec, kde hodnoty dosáhly 38,5 % a v listopadu 11,5 %. Nejvyšší hodnoty byly na druhém místě v říjnu 103,6 % a v listopadu na čtvrtém místě 93,9 %. Největší rozdíl byl zaznamenán na druhém místě, kde se hodnoty 103,6 % a 49,9 % lišily o 53,7 %. Kritérium u čistých povrchových vod činí 85 % [8] a tomu nevyhovovalo první místo v obou měsících a druhé a třetí místo v listopadovém měření.

Při říjnovém měření se teplota vody pohybovala kolem 12 °C kromě druhého místa, kde byla mírně nižší, 11,4 °C a pátého místa, kde teplota činila 13,8 °C. Při listopadovém měření se teplota Jedovnického potoka pohybovala zhruba kolem 10 °C s výjimkou třetího místa, kde teplota dosáhla 12,6 °C. Všechny hodnoty vyhovovaly NV 401/2015 Sb. (maximální teplota 29 °C).

Kritérium celkového fosforu (0,15 mg/l) bylo v říjnu překročeno několikanásobně u všech vzorků. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vývěru v Josefovském údolí, kde hodnota činila 11,776 mg/l a přesahovala tak zhruba osmdesátkrát doporučenou hodnotu. Nejmenší hodnoty byly zaznamenány v listopadu, ani ty však nevyhovovaly kritériu. Jediné místo, které vyhovovalo, bylo v listopadu pod rybníkem Dymák s hodnotou 0 mg/l.

Nejvyšší obsah dusičnanů byl změřen v obou měsících u vývěru v Josefovském údolí, kde hodnoty činily 2,97 mg/l a 3,44 mg/l. Nejmenší byly zaznamenány na čtvrtém odběrném místě v říjnu s hodnotou 0,98 mg/l a pod rybníkem Dymák v listopadu 0,52 mg/l. Největší rozdíl byl změřen u čtvrtého odběrného místa, kde se zvýšila hodnota 0,98 mg/l na 2,38 mg/l.

Obsah dusitanů se mezi měsíci výrazně nelišil. Nejnižší hodnoty byly zjištěny u vývěru v Josefovském údolí, kde činily 0,051 mg/l resp. 0,410 mg/l. Naopak nejvyšší byly zjištěny pod rybníkem Dymák, kde hodnoty byly 0,077 mg/l resp. 0,061 mg/l. Největší rozdíl byl

zaznamenám pod rybníkem Olšovec, kde se hodnoty 0,076 mg/l a 0,047 mg/l lišily o 0,029 mg/l.

Amoniakální dusík byl přibližně stejný u všech měření a vyhovoval přípustné hodnotě 0,230 mg/l s výjimkou prvního odběrného místa, kde v říjnu činila hodnota 0,340 mg/l a v listopadu 4,728 mg/l, a druhého odběrného místa v listopadu, kde byla zjištěna hodnota 1,162 mg/l, což je zhruba 5× více než přípustná hodnota.

Výrazně nejvyšší hodnotu TKN mělo druhé místo při prvním měření, a to 34,34 mg/l. Zároveň zde byl zjištěn nejvyšší úbytek, a to 31,04 mg/l. Ostatní hodnoty se pohybovaly zhruba v rozmezí od 1–5 mg/l.

Chemická spotřeba kyslíku v říjnovém měření nebyla v souladu s NV 401/2015 Sb. (<26 mg/l) ve třech případech. Vyhovovala pouze na třetím a pátém odběrném místě, kde hodnoty činily 26 mg/l a 19 mg/l. V listopadu výrazně překročilo kritérium první odběrné místo přibližně 2×, a druhé odběrné místo, kde hodnota byla 45 mg/l. Nejvyšší naměřená hodnota byla právě na prvním odběrném místě s 58 mg/l a nejmenší naměřená hodnota byla u pátého odběrného místa v Josefovském údolí s 13 mg/l.

Přípustná hodnota biochemické spotřeby kyslíku (3,8 mg/l) nevyhovovala v žádném z případů kromě třetího odběrného místa v říjnu, kde hodnota nabývala 3,7 mg/l a pátého odběrného místa v listopadu s hodnotou 2,1 mg/l. Nejvyšší hodnota byla změřena pod rybníkem Olšovec, kde činila 10,5 mg/l.

Jedovnickým potokem se ve své diplomové práci z roku 2020 zabývala také Klára Vaculíková [6], která odběry na Jedovnickém potoce prováděla pouze u ČOV v Jedovnicích, a to od dubna do listopadu 2019 (viz. tabulka 6).

Tabulka 4 Naměřených hodnot z roku 2019, zdroj: Klára Vaculíková [6], upraveno

dne	pH	K	O <sub>2</sub>	P <sub>c</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>4</sub>	CHSK	BSK <sub>5</sub>	t	nasycení
		μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	%
<b>16. 10. 2019</b>	8,48	379	9,31	<0,05	0,140	0,750	86	38	13,3	93,2
<b>14. 11. 2019</b>	7,88	390	12,21	0,10	0,070	1,070	27	14	5,1	100,7

Hodnoty pH z roku 2019 (8,48; 7,88) vyhovují doporučené hodnotě. Hodnoty z roku 2022 se v porovnání s nimi (7,64; 7,56) nepatrně zlepšily. Ve srovnávacím měsíci říjnu o 0,84 a v listopadu o 0,32. Konduktivita se v obou měsících v roce 2022 oproti roku 2019 zvýšila. V říjnu rozdíl činí 315 μS/cm a v listopadu 412 μS/cm. Teplota v obou letech vyhovuje doporučené hodnotě. K rozdílu hodnot došlo v listopadu 2019 a 2022, kdy se zvýšila teplota o 7,5 °C. Nasycení kyslíkem vyhovoval rok 2019, zatímco v roce 2022 hodnoty klesly pod doporučenou hodnotu uvedenou v NV 401/2015 Sb. Chemická spotřeba kyslíku v říjnu 2019 překročila doporučenou hodnotu zhruba 3×, zatímco hodnoty roku 2022 stále vyhovují, ale



jsou hraniční. Hodnoty BSK nevyhovují ani v jednom případě, přesto došlo ve sledovaném časovém úseku k výraznému zlepšení. V říjnovém srovnání klesly zhruba na desetinu a v listopadu činil rozdíl 5,6 mg/l. K výraznému zlepšení došlo taky v obsahu amoniakálního dusíku. Ve srovnávacím měsíci říjnu klesly hodnoty až šestnáctinásobně a v listopadu až třináctinásobně. V obou měsících v roce 2022 došlo ke zvýšení celkového obsahu fosforu. V roce 2019 dosahovaly hodnoty maximálně 0,10 mg/l, zatímco v roce 2022 hodnoty dosahují až 8,58 mg/l.

## 7 DISKUZE

Ve vodách dochází k přírodní eutrofizaci, jež je podporována přítomností dusíku a fosforečnanu. Tyto sloučeniny se dostávají do vod z odumřelých živočichů splachem z půdy. Pokud poměr vyjde z rovnováhy dochází k nadměrnému bujení řas a nedostatku kyslíku ve vodě. [9]

Výsledky ukázaly, že nejproblematictější místa byla u rybníku Dymák a Olšovec. Velmi problematický byl ukazatel obsahu fosforu v měsíci říjnu. V listopadu tato hodnota několikanásobně klesla. Tehdy dochází každoročně k výlovu rybníku Olšovec. To může vysvětlovat zvýšený obsah fosforu v říjnu, kdy jsou ryby přikrmovány rostlinnými směsmi vyrobenými z řepky, brambor a kukuřice. V případě, že tyto suroviny byly hnojeny, možná i ve zvýšené míře, lze předpokládat následný zvýšený obsah fosforu ve vodě. Je také možné, že při výlovu uhynulo mnoho ryb a na dně došlo k hnilobnému procesu. Proto by bylo možná vhodné chov ryb omezit. Se zvýšeným obsahem fosforu také souvisí snížený obsah rozpuštěného kyslíku. Ve výsledku by to mohlo vést k hromadění nebezpečných plynů. Příčinou zvýšeného fosforu mohou být sedimenty, které fungují jako jeho zásobárna.

Zvýšený obsah amoniakálního dusíku v listopadu mohl být opět způsoben vypuštěním rybníka Olšovec a následnými hnilobnými procesy ve zbývajících vodě. Dále může hrát svou roli i faktor nadměrného používání hnojiv na zemědělsky obdělávaných půdách, nadměrná produkce odpadních vod a také sucho, které tuto oblast v posledních letech sužuje.

Ve srovnání roku 2019 a 2022 došlo u místa ČOV ke snížení hlavního ukazatele čistoty vody BSK<sub>5</sub>. V říjnovém měření klesla až desetinásobně a v listopadovém téměř dvakrát. Je ale nutné dodat, že i přes pokles hodnoty jsou stále s přípustnými hodnotami hraniční.

## 8 ZÁVĚR

Obsahem této práce byl monitoring a vyhodnocení kvality vody v oblasti Moravského krasu. Byly provedeny odběry na 5 místech, a to v Jedovnicích (rybníky Olšovec a Dymák), u ČOV, Rudickém propadání a Josefovském údolí. Měření proběhlo ve dvou termínech, a to v říjnu a listopadu 2022. Přímou na místě odběru byly změřeny tyto parametry: pH, teplota vody, konduktivita a nasycení kyslíkem. Se vzorky se dále pracovalo v laboratoři, kde byly zjištěny další chemické vlastnosti jako  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{BSK}_5$ ,  $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_2$ ,  $\text{N-NO}_x$ ,  $\text{N-NO}_3$  a  $\text{P}$ . Naměřené hodnoty byly porovnány s hodnotami ze stejných měsíců roku 2019 uvedenými v diplomové práci Kláry Vaculíkové. Dále byly konfrontovány s přípustnými hodnotami dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod. Porovnávané parametry se v několika případech zlepšily, v jiných zůstaly podobné. Zlepšilo se chemické složení kyslíku ve vodě, dále došlo ke zlepšení pH a obsahu  $\text{N-NH}_4$ . Ke zhoršení hodnot došlo u měření obsahu celkového fosforu a nasycení kyslíkem.

Na zhoršení kvality vody měla vliv celá řada faktorů. Před druhým odběrem byl vypouštěn rybník Olšovec a tím způsobený malý průtok vody a obsah rozpuštěného kyslíku, který neumožnil samočisticí proces vody. Na kvalitu může mít i dopad činnost člověka, produkované odpadní vody, hnojení nebo chov ryb.

Nejhůře vyšla místa u rybníků, do kterých se dostávají splachy hnojiv z polí a okolí. Kvalita vody Jedovnického potoka závisí především na kvalitě vody v rybnících. Bylo by vhodné změnit především přístup v hospodaření a ochraně rybníků: omezit chov ryb a rekreaci. Napomohl by i systém, který by zadržoval vodu v krajině, aby se v případě sucha mohly zvýšit průtoky. Problémem je i usazování fosforu v sedimentech, které se tak stávají jeho zásobárnou.

Součástí vodních toků je i flóra a fauna, která pro svoji existenci vyžaduje fyzicko-chemickou rovnováhu. Pro zlepšení podmínek doporučuji v monitoringu povodí a celé oblasti Moravského krasu pokračovat. Na základě těchto výzkumů bude v budoucnu možné včas přijmout taková preventivní opatření, která by zamezila vzniku nežádoucích procesů, jako je eutrofizace, a ohrožení vzácných organismů.

## 9 POUŽITÁ LITERATURA

1. GRUBEROVÁ, Eva; MALÁ, Jitka; SCHRIMPELOVÁ, Kateřina; ONDRUŠ, Martin. Vývoj kvality vody povrchových toků Moravského krasu od r. 1949 do současnosti. *Vodní hospodářství*. [Online]. 2016. roč. 66, č. 4, stránky 10-15. ISSN 1211-0760.
2. CHKO Český kras AOPK ČR. *Charakteristika oblasti*. [Online] 2022. [Citace: 22. 10 2022.]. Dostupné z: <https://moravskykras.nature.cz>.
3. MALÁ, Jitka; SCHRIMPELOVÁ, Kateřina; TŮMA, Antonín. Ochrana vod v CHKO Moravský kras. In: Konference VODA 2017 [Online] 2017. [Citace: 1. 11 2022.]. Dostupné z: <http://www.czwa.cz/voda2017/prispevky/14.pdf>.
4. Správa jeskyní České republiky. *Správa jeskyní moravského krasu*. [Online] 2022. [Citace: 10. 10 2022.]. Dostupné z: <https://moravsky-kras.caves.cz/cz/moravsky-kras>.
5. SCHRIMPELOVÁ, Kateřina. *Vliv odtoků z čistíren odpadních vod na krasové toky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební, 2015.
6. VACULÍKOVÁ, Klára. *Znečištění vnášené do CHKO Moravský kras povrchovými toky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební, 2020.
7. MALÝ, Josef; MALÁ, Jitka. *Chemie a technologie vody*. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-86020-13-4.
8. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
9. ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. Koloběh fosforu. In: ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*. [Online] Praha: VŠCHT Praha, 2007 [Citace: 11. 11 2022.]. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-006/ebook.html?p=K007](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=K007)
10. HORÁKOVÁ, Marta. *Analytika vody*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2000. ISBN 80-7080391-6.
11. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: *Zákony pro lidi* [Online] 2015. [Citace: 11. 11 2022.]. 166/2015, číslo 4. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>.

## 10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hodnot přípustného znečištění povrchových vod [11] .....	21
Tabulka 2 Naměřených hodnot z 6. 10. 2022, zdroj: autor .....	22
Tabulka 3 Naměřených hodnot z 4. 11. 2022, zdroj: autor .....	22
Tabulka 4 Naměřených hodnot z roku 2019, zdroj: Klára Vaculíková [6], upraveno .....	24

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Mapa CHKO Moravský kras, zdroj: mapy.cz .....	8
Obrázek 2 Mapa s povodím jedovnického potoka, zdroj: mapy.cz .....	9
Obrázek 3 Mapa s vyznačenými odběrnými místy, zdroj: mapy.cz .....	11
Obrázek 4 Mapa s vyznačeným odběrným místem č.1, zdroj: Mapy.cz .....	12
Obrázek 5 Odběrné místo č. 1, zdroj: autor .....	12
Obrázek 6 Mapa s vyznačeným odběrným místem č.2, zdroj: Mapy.cz .....	13
Obrázek 7 Odběrné místo č. 2 při prvním měření.....	13
Obrázek 8 Odběrné místo č. 2 při druhém měření .....	13
Obrázek 9 Mapa s vyznačeným odběrným místem č.3, zdroj: Mapy google .....	14
Obrázek 10 Prostředí odběrného místa č. 3, zdroj: autor .....	14
Obrázek 11 Mapa s vyznačeným odběrným místem č. 4, zdroj: Mapy.cz .....	15
Obrázek 12 Jedovnického potoka v Rudickém propadání, zdroj: autor .....	15
Obrázek 13 Mapa s vyznačeným odběrným místem č. 5, zdroj: Mapy.cz .....	16
Obrázek 14 Vývěr v Josefovském údolí, zdroj: autor .....	16
Obrázek 15 Měření $CHSK_{Cr}$ při prvním měření, zdroj: autor .....	17
Obrázek 16 Dusitanový dusík při prvním měření, zdroj: autor .....	18
Obrázek 17 Dusitanový dusík při druhém měření, zdroj: autor .....	18
Obrázek 18 Dusitanový dusík při druhém měření, zdroj: autor .....	19
Obrázek 19 Měření TKN, zdroj: autor .....	19
Obrázek 20 Aparatura při destilaci, zdroj: autor .....	20
Obrázek 21 Dusitanový dusík a celkový fosfor při prvním měření, zdroj: autor .....	20
Obrázek 22 Celkový fosfor při druhém měření, zdroj: autor .....	20

## 12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV .....	čistička odpadních vod
GPS.....	globální polohový systém
K .....	konduktivita
t.....	teplota
O <sub>2</sub> .....	koncentrace rozpuštěného kyslíku
CHSK <sub>Cr</sub> .....	Chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným
BSK <sub>5</sub> .....	Biochemická spotřeba kyslíku po pěti dnech
P <sub>c</sub> .....	celkový fosfor
N-NO <sub>x</sub> .....	oxidy dusíku
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	amoniakální dusík
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> .....	dusitanový dusík
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	dusičnanový dusík
TKN.....	celkový dusík metodou podle Kjeldahla
NV 401/2015 Sb.....	Nářízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech